

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

INFORME TECNICO

***Previo a la obtención del Título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD***

Especialización Potencia

***Estudio Eléctrico para una Planta de Pulpa
Mecánica en Fábrica de Papel La Reforma.***

PRESENTADO POR:

José Velásquez Jara

GUAYAQUIL - ECUADOR

1989

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. ALBERTO HANZE
Director del Informe Técnico
por su ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo.

Al ING. HERNAN GUTIERREZ por
su ayuda, confianza y apoyo
para la finalización de este
trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS.



Ing. Hernan Gutierrez V.
Presidente del tribunal.



Ing. Alberto Hanze B.
Profesor Supervisor.



Ing. Cristobal Mera G.
Miembro principal.

DECLARACION EXPRESA.

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este informe técnico, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos Profesionales de la ESPOL).



Handwritten signature of José Velásquez Jara, written in black ink over a horizontal line.

José Velásquez Jara

I N D I C E G E N E R A L

Resumen.....	II
Indice General.....	III
Indice de Abreviaturas.....	IV
Introducción.....	V
CAPITULO I. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	1
CAPITULO II. DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA	4
CAPITULO III. CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA	8
3.1 Potencia Requerida.....	10
3.2 Selección de Equipos Eléctricos.....	11
3.3 Cálculo de Alumbrado.....	21
CAPITULO IV. PROBLEMAS DE VOLTAJE EN EL SISTEMA	25
4.1 Cálculo de Caída de Voltaje.....	26
4.2 Equipos a Tierra.....	34
CAPITULO V. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFIA.....	44

R E S U M E N

El presente Informe Técnico consta de cinco capítulos: el primero justifica el proyecto de la construcción de la planta de pulpa; en el segundo se realiza una descripción de los varios procesos que se realizan para la obtención de la pulpa para la fabricación de papel; en el tercero y cuarto se realizan estudios de cargas y problemas del diseño y funcionamiento de la planta industrial; en el quinto se considera los resultados obtenidos en los capítulos anteriores y realiza los cálculos de cortocircuito de los equipos eléctricos recomendados; y, por último las conclusiones y recomendaciones en base a los puntos tratados en los capítulos anteriores.

JOSE VELASQUEZ JARA

INDICE DE ABREVIATURAS

G1	Generador
A	Amperios
KVA	Kilovatioes Amperios
KV	Kilovoltios
KW	Kilovatioes
KVA _{base}	Kilovatioes Amperios Base
KV _{base}	Kilovatioes Base
VAC	Voltios Alternos
BIL	Nivel Básico de aislamiento.
Vr	Voltaje en la Carga
Vs	Voltaje en la Fuente
z1	Impedancia de carga vista or Vr
z2	Impedancia de carga vsta por Vs
I _{FL-T}	Corriente de Falla a Tierra
I _A	Corriente Momentánea de Cortocircuito Asimétrico
I _r	Corriente de Interrupción
I _s	Corriente Simétrica
HP	Caballos de Fuerza
Hz	Herzios
FP	Factor de Potencia
N	Neutro
G	Tierra
pu.	Por unidad
z	Impedancia
R	Resistencia
X	Reactancia

INTRODUCCION

El auge que esta tomando la fabricación de las diferentes clases de papel en nuestro país, y la preocupación de los Industriales Ecuatorianos de producir los mismos, tanto en calidad como en precios competitivos con sus similares extranjeros aprovechando la riqueza forestal del país y además, el compromiso existente con los países del área Andina en conformidad con el acuerdo de Cartagena. La fábrica de papel "La Reforma" se ha empeñado en la construcción de una planta de pulpa mecánica, cuyo estudio eléctrico expongo en este Informe Técnico.

Estudio Eléctrico que puede ser tomado como modelo, no solamente, para una planta de pulpa de papel, sino también para cualquier planta industrial que tenga generación propia o compre energía.

El objetivo de este estudio eléctrico, es ofrecer un sistema eléctrico económico, confiable y seguro, tanto para el personal que labore, como para la continuidad productiva.

C A P I T U L O I

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La Gerencia Técnica de la Fábrica de papel "La Reforma", del estudio de mercadeo y de los incrementos en las ventas de los diferentes tipos de papel, que fabrican, en Febrero de 1974, presenta ante los directivos de la empresa, el estudio de factibilidad para la instalación y arranque de una planta de pulpa, adjunta a la fábrica de papel de la ciudad de Babahoyo.

Estudio de factibilidad que fue aprobado planeándose su arranque en Enero de 1976.

El Departamento técnico, fue el encargado de realizar y ejecutar todos los diseños, selección, compra de equipos, materiales necesarios, dirección del montaje y puesta en marcha de la Planta de Pulpa, dentro de los plazos previstos.

Como miembro de este departamento, fui asignado para la realización y ejecución del estudio, diseño, selección y compra de todos los componentes eléctricos necesarios para el funcionamiento de esta planta.

En la Fábrica de papel "La Reforma" S.A., dispone de generación propia con un turbo-generador G.E. de 3750 KVA-3 fases, 2400 VAC-60 Hz-0.80 p.f. cuya demanda pico es de 830 KW, 0.75 de f.p., y para fines de 1974 se instalará un banco de capacitores para la corrección del factor de potencia a

0.80, es decir, que disponemos de una capacidad de 2785 KVA a un fp. 0.80 y de la confiabilidad de continuidad de servicio.

Dentro de las proyecciones de aumentos de carga, para los años subsiguientes, no se contempla la compra de energía a la Empresa Eléctrica los Rios, por carecer de confiabilidad el suministro de energía, sino la compra de un generador-diesel de 2500 KVA. 2400 VAC.

C A P I T U L O I I

DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA

DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA

La Planta de Pulpa, de nuestro estudio, esta constituida de 3 subplantas, las mismas que son mostradas en el diagrama unifilar Fig 1, y son:

2.1 Subplanta de Virutado,

2.2 Subplanta de Refinado.

2.3 Subplanta de Secado y Embalado

2.1 SUBPLANTA DE VIRUTADO.- La materia prima, son troncos descortezados de madera dura de 150 mm de diámetro máximo por 1200 mm de largo, que facilita el manipuleo y almacenamiento, es trasladada al virutador, por bandas transportadoras y se obtienen virutas de medidas específicas, que son sopladas al silo de almacenamiento, la capacidad de este sistema es de 5 toneladas métricas/h. de virutas. La variedad de madera utilizada es el Eucalipto denominado 01-EC y 01-EB al 50% de humedad y el rendimiento de fibra del 80%.

2.2 SUBPLANTA DE REFINADO.- La viruta del silo de almacenamiento, son llevadas por transportadores de velocidad variable, que controlan la alimentación, a un soplador que llevan las virutas a un sistema de lavado y filtrado, a través del ciclón.

Las virutas aceptadas, caen a una tolva-tornillo que alimenta al refinador primario esta pulpa refinada con el

20% de consistencia, caen al tanque de almacenamiento No 16, donde es agitada, enfriada y diluida al 4% de consistencia.

De este tanque es bombeada a través de un seleccionador de fibras, Las fibras aceptadas caen al tanque No 22, de donde son bombeadas a la etapa de limpieza centrifuga.

Las fibras no aceptadas, pasan por un segundo estado de refinación, que realimentan al tanque de almacenamiento No 16, desde donde se reciclan las fibras.

En el tanque No 22, se diluye la pulpa al 0.50% de consistencia, para ser bombeada a los limpiadores centrifugos primarios, donde se produce la separación de cuerpos extraños, que son reciclados por limpiadores secundarios.

Lo aceptado en el primer estado de limpieza llega a equipos espesadores, que elevan la consistencia de la pulpa al 14% y cae al tanque No 28, donde es agitada y diluida al 4% de consistencia, mediante controles automáticos.

Lo aceptado en el segundo estado de limpieza, cae al tanque de almacenamiento No 22.

Del tanque de almacenamiento No 28, se bombea la pulpa, sea directamente a la máquina de secado o directamente a las líneas de proceso de elaboración de papel.

2.3 SUBPLANTA DE SECADO Y EMBALADO.- La máquina de Secado

forma láminas de pulpa, mediante cilindros-prensas y extractores de humedad que eliminan el 70% del agua contenida en las láminas preformadas de pulpa, que son coleccionadas en apilamientos sobre palet.

Las láminas de pulpa paletizadas pasan a la máquina embaladora que forma pacas de 1000x1200 mm 700 kgm de peso, para ser almacenadas.

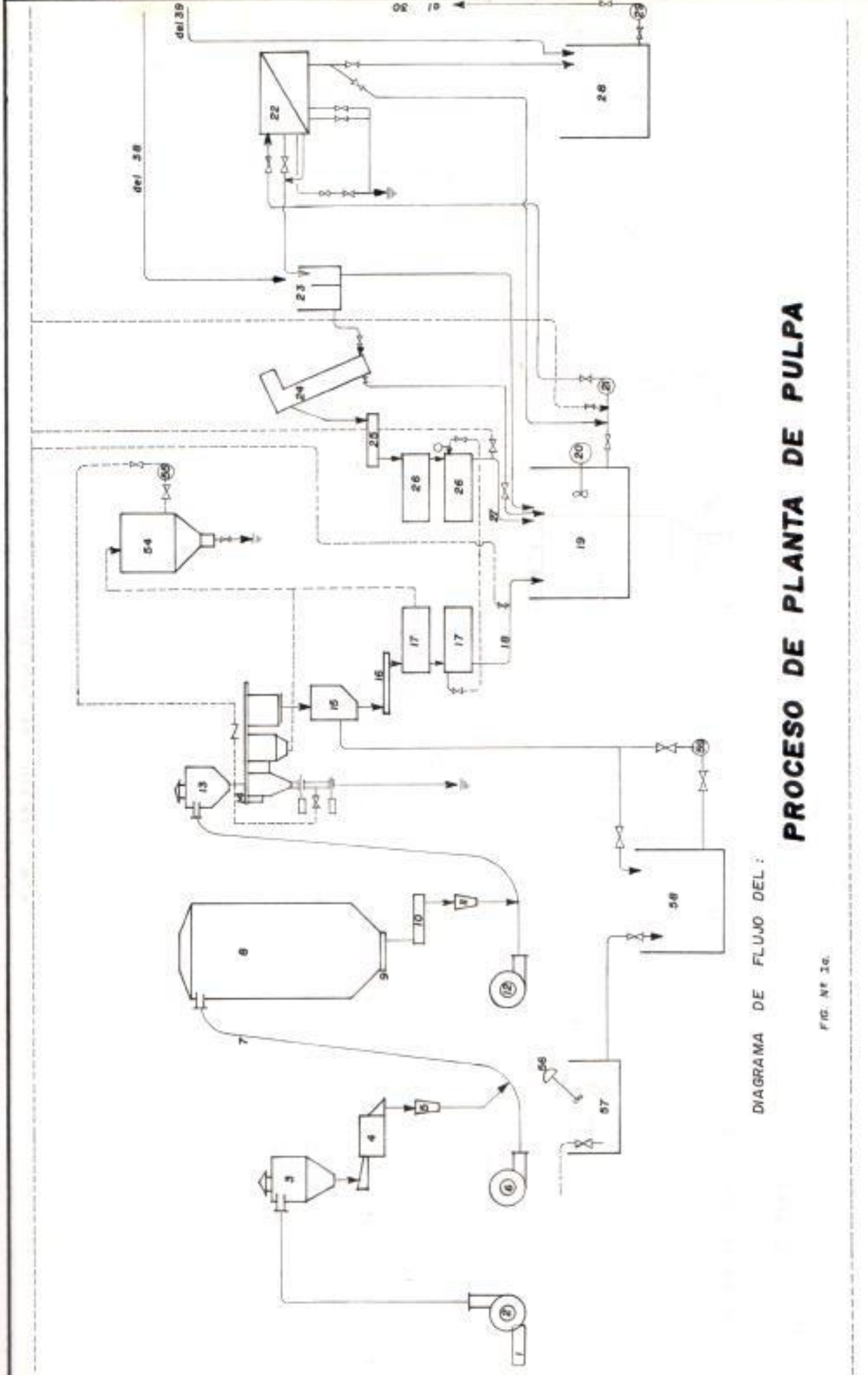


DIAGRAMA DE FLUJO DEL :

PROCESO DE PLANTA DE PULPA

FIG. Nº 14.

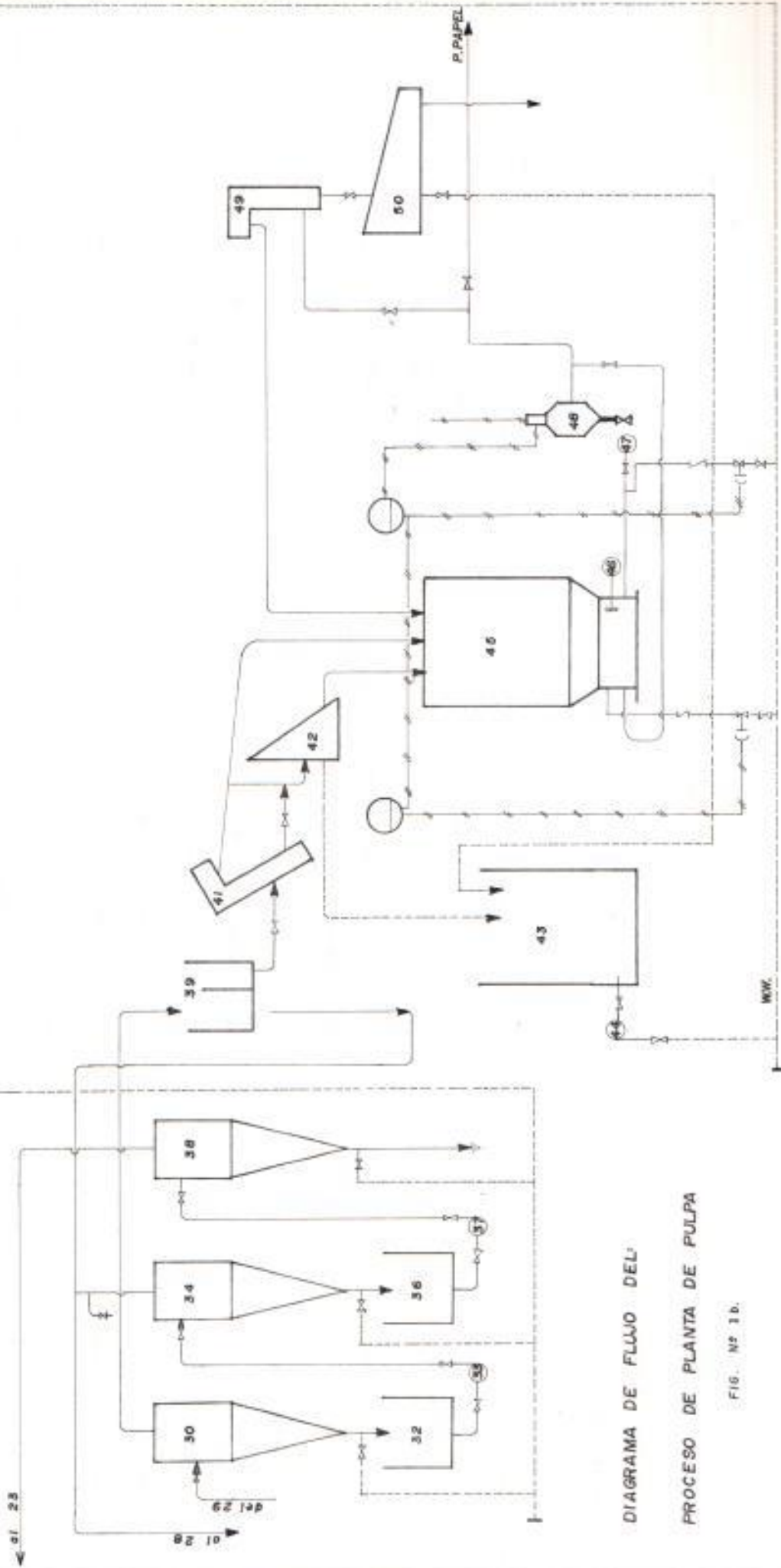


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PLANTA DE PULPA

FIG. Nº 1 B.

EQUIPOS

BOMBAS Y

MOTORES

1	transportador de trozas	21	bomba descarga T.P. REF. B-1.	41	espesador
2	ventilador	22	depurador de conastilla	42	recuperador de fibras
3	c/cion	23	tanque de nivel	43	tanque de agua blanca
4	plataforma vibradora	24	espesador	44	bomba de agua blanca (3-5).
5	alimentador - ventilador	25	alimentador de tornillo	45	tanque de almacenamiento
6	ventilador	26	refinador de rechazos	46	agitador
7	ducto al silo	27	chute de descarga	47	bomba descarga T. almacén (3-6)
8	silo	28	tanque de pulpa	48	control de consistencia
9	descargador de viruta	29	bomba primaria (3-2)	49	ducto de entrada
10	dosificador	30	limpiadores primera etapa	50	prensa horizontal
11	válvula dosificadora	31	estructura para limpiadores	51	transformadores
12	ventilador 2	32	pileta	52	tablero de barras
13	c/cion	33	bomba secundaria (B-3)	53	centros modulares Tablero de switches
14	lavador de viruta	34	limpiadores 2a. etapa	54	tanque agua lavado de viruta
15		35	estructura para limpiadores	55	bomba de agua B-7
16	alimentador de tornillo	36	pileta	56	agitador
17	refinador principal "A"	37	bomba terciaria (3-4)	57	tanque de químicos
18	chute de descarga ref. P.	38	limpiadores 3a. etapa	58	tanque almacenamiento químico
19	tinaja de pulpa refinada	39	tanque de nivel	59	bomba de químicos (3-B)
20	agitador		estructura		

C A P I T U L O I I I

CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA

CONSIDERACIONES GENERALES DEL SISTEMA

Para determinar la potencia requerida por la planta de pulpa, consideraremos, la capacidad de producción presente y futura, nuestro estudio enfocará:

- a.- Potencia actual instalada, y
- b.- Potencia futura.

Por lo tanto, los cálculos de acometidas, transformadores subestación y espacios físicos de distribución de equipos eléctricos estarán bajo éstas consideraciones, pero para el cálculo de caídas de voltajes enfocaremos las cargas actuales.

La potencia actual instalada, suma 1717 HP.

La potencia futura será de 1400 HP, recomendada por la Cia. Sprout-Waldron (1).

La potencia total requerida será de 3217 HP, donde 2250 HP, corresponden a 4 refinadores de virutas y pulpa y 667 HP, a motores de baja capacidad que mueven los equipos auxiliares del proceso.

La densidad de carga para el sistema de alumbrado, la determinaremos conociendo las áreas totales, la altura de instalación de las lámparas, los varios tipos de lámparas a utilizarse y los niveles de iluminación estandarizados para las zonas de:

Preparación de pulpa.	323 L/m ²
Recep-Despacho pulpa.	714 "
Cuarto de Subestación.	323 "
Oficina de Laboratorio.	538 "
Preparación de Virutas, transportador y Silos.	107 "
Area de Almacenamiento.	53 "

Estimaremos:

12.0 KVA En alumbrado interno.

11.4 KVA En alumbrado externo

4.4 KVA En aires acondicionados, y

15.0 KVA En el sistema de tomacorriente industrial y
equipos auxi.

Conociendo los factores de demanda (2), para este tipo de carga, obtenemos una potencia de 32.4 KVA.

3.1 POTENCIA REQUERIDA.- La fabricación de pulpa y papel es un proceso semicontinuo y el factor de demanda (2) estandar es del 60%, las observaciones realizadas en la fábrica de papel "La Reforma", han demostrado que el factor de demanda del 65%, se ajusta adecuadamente a nuestro sistema; Para nuestro estudio consideraremos al factor de diversidad igual 1, previendo otros aumentos no programados, además para nuestros cálculos consideraremos $IHP=1KVA$.

Aplicando el FD. 0.65 y sumando las cargas de alumbrado y

tomacorriente, obtenemos que la potencia requerida es de 2124 KVA.

La capacidad instalada de los motores de bajo voltaje es de 667 HP y de alumbrado de 32.4 KVA aplicando el factor de demanda obtenemos la capacidad del transformador T1 que es igual 466KVA.

El sistema de voltaje a utilizarse:

La fábrica de papel "la Reforma", como se indicó anteriormente cuenta con generación propia con voltaje de 2400 VAC, ver diagrama unifilar, Fig 2.

El Voltaje utilizado, en el primario, será, el suministrado por el turbo-generador, para los motores trifásicos de bajo voltaje, se utilizará 480 VAC, para alumbrado y tomacorrientes y cargas pequeñas 208/120 VAC.

3.2 SELECCION DE EQUIPOS ELECTRICOS

3.2.1 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS TRANSFORMADORES:

Transformador T1: 500KVA, 2.4KV en triángulo, 480 voltios conectados en estrella, trifásico, 60 Hz, tipo seco para montaje interior, clase AA/FA, 55°C, 2 ± 2% derivaciones, 20 KV BIL (3).

Transformador T2: 37.5KVA, 480-208/120V, Trifásico, tipo seco

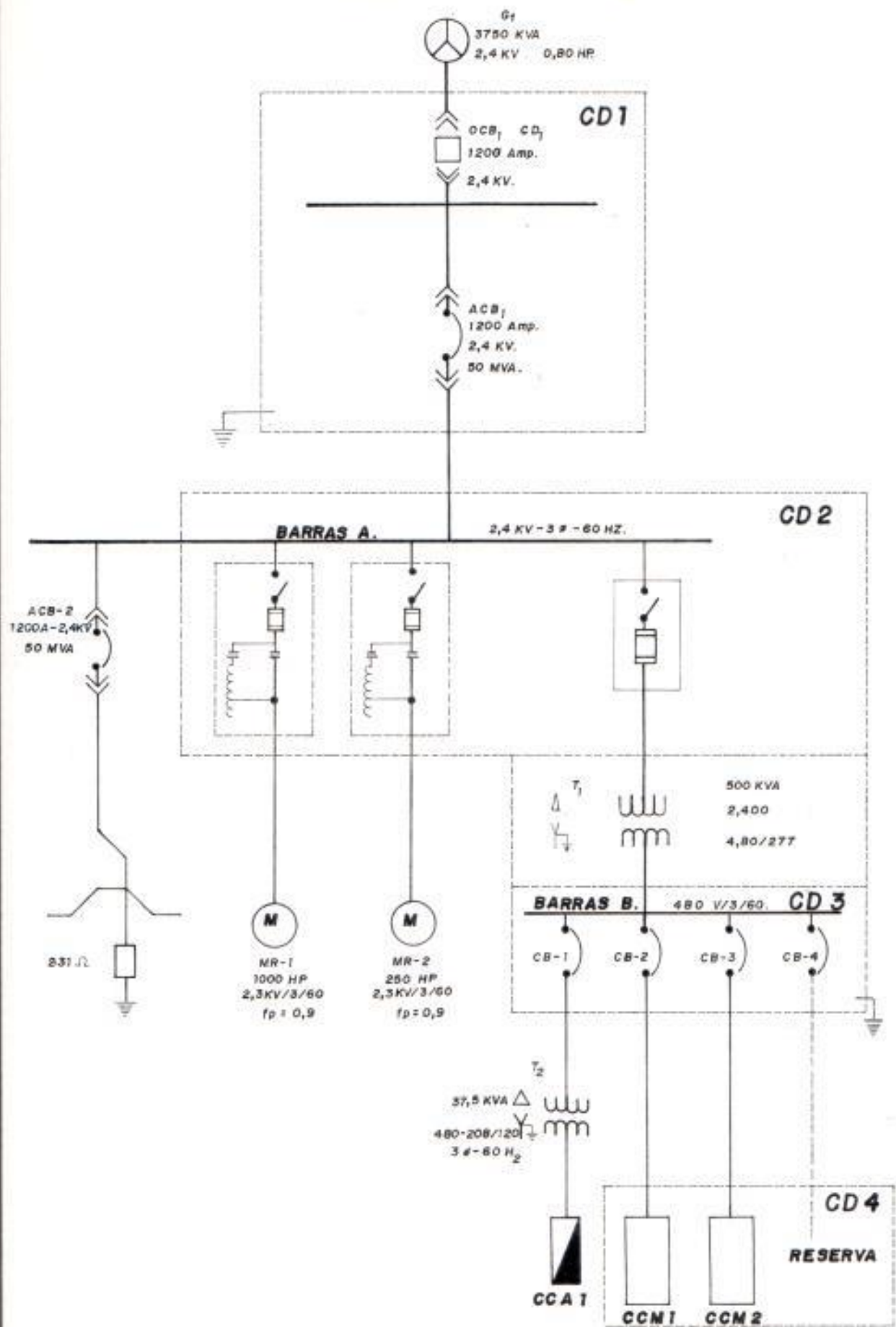


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ELECTRICO.

para montaje interior, clase AA, 55°C, $2 \pm 2\%$ derivaciones.

3.2.2 SELECCION DE MOTORES.- Las potencias de cada uno de los motores, son dadas por los fabricantes de las máquinarias, de acuerdo a las cargas que van a maniobrar, quedando las recomendaciones de las:

- a.- Características Generales.
- b.- Diseño.
- c.- Método de arranque.

a.- Características Generales

Disponemos de las siguientes condiciones:

a1.- Voltajes disponibles.

Temperatura ambiente de 32 °C

Ambiente libre de polvo y humos corrosivos

Humedad relativa de hasta 80%

2 m. sobre el nivel del mar.

Equipos expuestos a salpicaduras de agua.

Trabajo continuo de 24h.

Motores arrancaran sin carga, y

a2.- La limitación de caída de voltaje del sistema

Considerando las condiciones al recomiendo:

Para los motores de medio Voltaje.-

Tensión: 2300VAC 3 fases 60 Hz (2300/3/60).

Aislamiento: Clase B, estator encapsulado.

Armazón: Totalmente cerrado auto-ventilado (TEFC)

Factor de Servicio : 1

Elevación de Temp. : 40 °C,

Para los motores de bajo voltaje.-

Tensión: 460VAC 3 fases 60 Hz (460/3/60).

Aislamiento: Clase B.

Armazón: totalmente cerrado auto-ventilado (TEFC).

Factor de servicio: 1.0

Elevación de Temp. 40°C

a3.- Limitación de caída de Voltaje.-

El turbo-generator de la fábrica, tiene las siguientes características, 3000KW, 2400-4160 VAC 3600 rpm, 903-521 A, 155 A de armadura, FP 80% 3 fases, 60 Hz, las limitaciones de caída de voltaje del sistema, como la corriente máxima permisible de arranque o KVA de los motores, no están reguladas, por lo que las asumiremos: la máxima variación de voltaje permitida es el 10% del voltaje aplicado, y que la máxima carga a operar, no exeda del 30% de los KVA disponibles durante su arranque, previendo con este valor que, el relay de bajo voltaje dispare, y permitiendo que el regulador automático de voltaje, excitador y circuito de campo del generador restablezcan el parámetro de voltaje calibrado, 2400 VAC, durante la aceleración del motor.

Con arranque directo o reducido el voltaje en el sistema retornaría a su valor inicial, por que disponemos:

La Capacidad disponible en el generador es el 73.35% de la capacidad del generador, con el FP 80%.

Los KVA, requeridos a plena carga por el motor de 1000 HP, la asumimos la misma, calculamos el 30% de los KVA disponibles, obtendríamos un total de 1834 KVA, potencia máxima disponible para el arranque del motor, con una caída de voltaje 10% max.

b.- Selección del diseño.

Conociendo, que la correcta característica del diseño de un motor, para una carga especificada, es la habilidad de éste, para arrancar, acelerar y maniobrar la carga en un ciclo de trabajo, manteniendo la temperatura dentro de lo especificado con requerimientos mínimos de potencia y costo.

Clasificaremos a los motores según el comportamiento del torque requerido por la carga (4), obteniendo la Tabla No 1.

Equipos	Diseño NEMA a pleno voltaje
Agitadores, ventiladores centri- fugos, forzados, mezcladores	B
Bombas centríf-Transportadores- de banda-zaranda-rejenadores de disco	B
Virutador	A
Transportador de Tornillo	C o B*
Vibradores	D

* Tomada como alternativa.

Tabla 1 Selección del diseño NEMA de los Motores.

c.- Método de arranque de los Motores. (5) (6)

Seleccionaremos los tipos de arrancadores que por sus características de arranque cumplan con las limitaciones de caída de voltaje impuestas, indicando: Todos los motores de medio voltaje serán arrancados con voltaje reducido.

Todos los motores de 460 voltios que sobrepasen esta limitación en su arranque, serán arrancados con voltaje reducido.

En la Tabla 2 resumimos los tipos de arranque a ser utilizados.

Potencia HP	voltaje	Tipo de Arranque	%T	%A
1000	2300/3/60	Auto-Transf toma 50%	25	30*
250	230/3/60	Auto-Transf toma 65%	42	50*
≥25	460/3/60	Estr-Triáng	33	33
≤20	460/3/60	Directo	100	100

* La corriente de magnetización del auto-transf está incluida.

Tabla 2 Método de Arranque de Motores.

3.2.3 SELECCION DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS.- Del diagrama unifilar Fig 2, calcularemos los conductores (7) y daremos sus especificaciones técnicas:

1.- Conductores eléctricos de medio voltaje, 2.4 KV.

Cable concéntrico de cobre, 5 KV, blindado, 90 °C temperatura y 250 °C en contorno al circuito.

Barras de cobre en ductos, aislados a 5 KV-1000 A para instalación interior.

2.- Conductores eléctricos de bajo voltaje, 480 VAC.

Cables concéntricos de cobre 600 VAC THW 75 °C, resistentes a la humedad.

Barras de cobre en ductos aislados a 600 V de 1000 A para instalación interior.

Resumiremos en la tabla 3 sus tamaños y aplicaciones.

(7)

Descripción	Conductor	Aisl. KV	Insta	CD
Acometida a	6-1/c 250MCM	5	2TEM*-2½"	1-2
	3B-3x1/4	5	DMV-int	2
Arrancador 1000HP	3-1/c 250MCM	5	Arm-Met	2
	3-1/c AWG 6	5	Arm-Met	2
Transf T1	3-1/c AWG 2	5	DMV-int	2
Acometida a barras B	3B-3x1/4	0.6	Arm-Met	3
CCM 1	3-1/c 250MCM	0.6	DMA-int	4
CCM 2	3-1/c 250MCM	0.6	DMA-int	4
Transf T2	3-1/c AWG 6	0.6	TEM 1"	
CCA 1	3-1/c AWG 6	0.6	TEM 1"	

* Ver simbología en ductos y tuberías.

Tabla 3 Aplicación de conductores Eléctricos en los cuadros de distribución.

En la tabla siguiente he tabulado los conductores que utilizaremos en los motores eléctricos, haciendo notar que todos los CD y CCM serán aterrizados por conductores AWG 1/0.

Descripción HP	Conductor	Aisl KV	Instal	Cond G*
1000	3-1/c 250MCM	5	DMW-TEM 2½"	1/0
250	3-1/c AWG 2	5	DMV-TEM 1½"	6
75	3-1/c AWG 1	0.6	DMA-TEM 1½"	6
50	3-1/c AWG 4	0.6	DMA-TEM 1½"	6
40	3-1/c AWG 6	0.6	DMA-TEM 1"	8
20	3-1/c AWG 10	0.6	DMA-TEM ¾"	14
≤7½	3-1/c AWG 14	0.6	DMA-TEM ½"	14

* Cable de tierra AWG.

Tabla 4 Conductores de los motores eléctricos.

3.- Conductores para los circuitos de Control.

Utilizaremos cables de multiples conductores AWG 16, clase 300V con chaqueta exterior de aislamiento termoplástico TW, con denominaciones N: 16/4, 16/7, 16/12, 16/19, 16/24.

3.2.4 DUCTOS Y TUBERIAS.- Todos los ductos y sus

derivaciones tendrán continuidad, sugestión mecánica y serán aterrizados (7)

SIMBOLOGIA

DMV	Ducto- Metálico- Vent 200x150x200 medidas	Lámina h/g 1/20 ranuradas.
DMA	Ducto-Metálico-Abier. varias medidas	Lámina h/g 1/20 Abertura inf.
TEM	Tubería-Eléc-Metáli varias medidas.	Galvanizada h/g

Los tubos metálicos, serán del tipo pesado al igual que sus accesorios y serán fijados mecánicamente.

En la llegada a la caja de terminales de los motores, se utilizarán tubos metálicos flexibles de características herméticas.

Todos los motores eléctricos estarán aterrizados al sistema de planta.

3.2.5 EQUIPOS DE PROTECCION Y CONTROL.- Del diagrama unifilar Fig 3 del sistema de protección, indico lo siguiente:

- 1 ACB1 Interruptor automático trifásico de 2.5 KV, 1200 A diseño, 600 A continuos, 12000 A RMS y 50MVA de interrupción simétrica, para instalación interior,

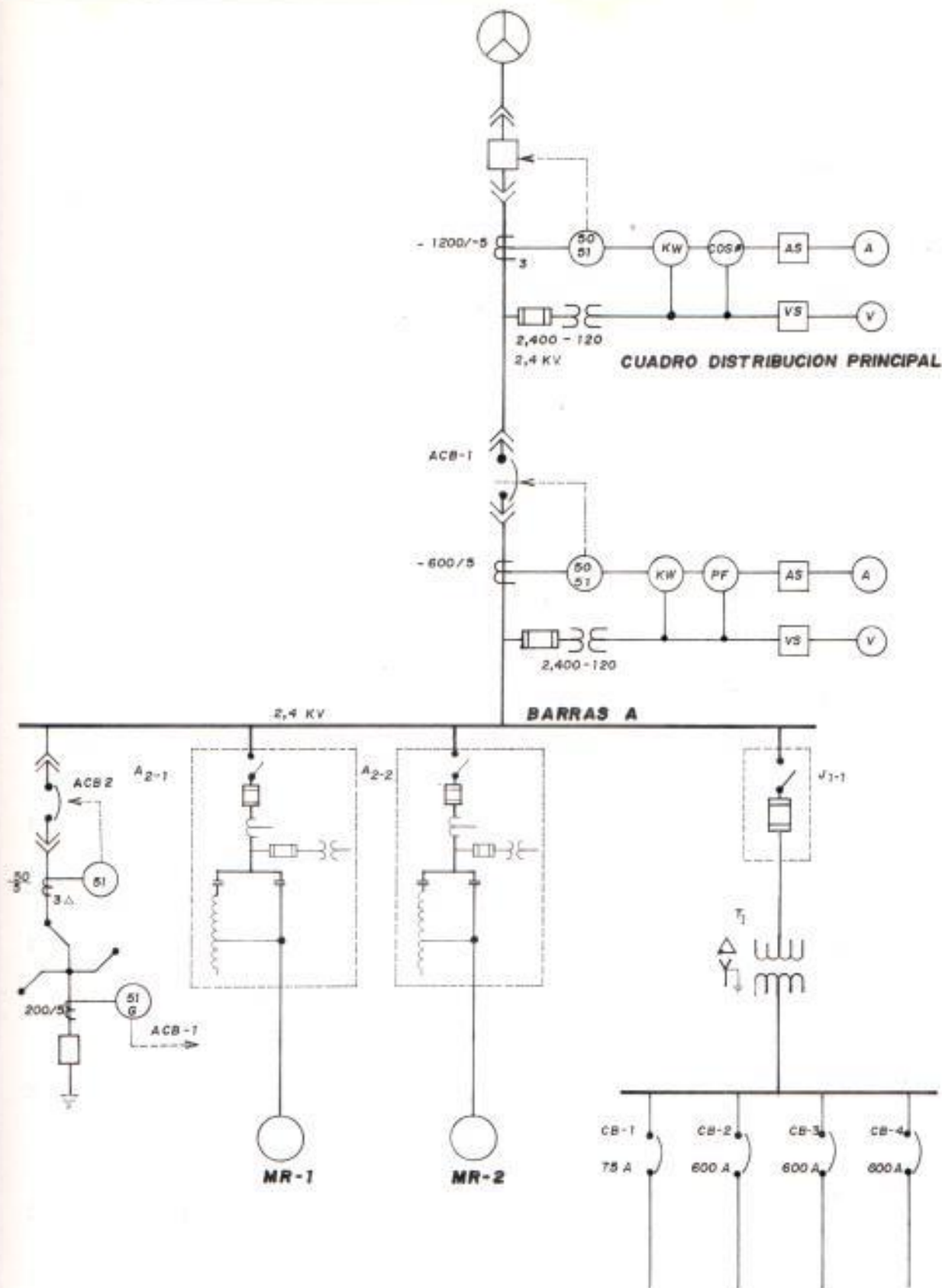


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA CON SUS PROTECCIONES.

FIG. N° 3

relay por fase de sobrecorriente de tiempo inverso, relay de sobrecorriente de secuencia cero (0.25-0.5 ajuste), medición de KW-H,FP, amperios y voltaje.

- 1 J1-1 Interruptor manual trifásico, una vía, 2.5KV 400 A continuos, fusibles EJ-1 200E, 60000 A rms simétricos, 96000 A asimétricos.
- 1 A2-1 Arrancador trifásico, reducido por auto-transformador para 1000HP asincrónico, 2300 voltios y 60000 A de interrupción asimétrica, con, fusibles EJ-2 18R, protección de sobrecarga, de bajo voltaje, contactores con 50000 KVA de interrupción de 7½ ciclos de desconexión normal. (8).
- 1 A2-2 Arrancador de iguales características al anterior, pero para 250 HP asincrónico y fusibles EJ-2 2R (8).
- 1 CB-1 Interruptor automático trifásico, clase 0.6, 75 A continuos, 22000 A rms simétricos y 25000 A RMS asimétricos (9).
- 3 CB Igual al anterior, pero de 600 A continuos, 30000 A RMS simétricos.
- 2 CCM Centro de Control de Motores, estructura metálica con barras de potencia para 1000 A clase 0.6 (10).
- 1 ACB-2 Similar al ACB-1, con relay de sobrecorriente por fase.

3.3 CALCULO DE ALUMBRADO

1.- Alumbrado interior de la planta.

Para el cálculo de las cantidades de luminarias necesarias, utilizaremos el método de cavidad zonal (11) de las fórmulas 1-3

$$\text{Cavidad de techo } \frac{5hcc(a+1)}{axl} \quad (I)$$

$$\text{Cavidad de local } \frac{5hrc(a+1)}{axl} \quad (II)$$

$$\text{Cavidad de piso } \frac{5hfc(a+1)}{axl} \quad (III)$$

1-1 Alumbrado de las áreas operativas.

Conocemos: $hcc = 0.75 \text{ m.}$

$hrc = 4.70 \text{ m.}$

$hfc = 0.75 \text{ m.}$

Estimamos los porcentajes de reflectancia

techo 70%

pared 50%

piso 20%

Utilizaremos luminarias de 400W con reflector de amplia distribución con lámparas de vapor de mercurio de 21000 L y 24000 h de vida, el factor de mantenimiento 0.78,

distancia entre lámparas 7.35 m.

De los valores calculados por las fórmulas indicadas y utilizando las tablas Fotométricas de la luminaria escogida, encontramos el porcentaje ejetivo de la cavidad de techo y el coeficiente de utilización , ver Tabla 5.

Con estos vlores encontramos el número de lámparas en cada área.

1-2 Alumbrado para las Áreas de oficina y laboratorio.

hcc 0.15m

hrc 1.59m

hfc 0.76m

Características de las luminarias: Semi-directas, 2 tubos fluorescente T12-48 40W blanco cálido

2900 lúmenes iniciales por lámpara.

2600 lúmenes promedio por lámpara.

120 VAC 60 hz arranque rápido.

Factores e reflexión estimados 80-50-20.

Factor de mantenimiento 0.75, ver tabla 3-5.

2. Alumbrado externo de la Planta.

Para las varias áreas externas utilizaremos:

Características de las luminarias. (13)

General Eléctric

M 400 A

TABLA N° 5

ALUMBRADO INTERNO DE LA PLANTA

PISO	DESCRIPCION	DIMENSIONES m	CCR	RCR	FCR	% eff TECHO	C.U	L/m ²	L/LUMINICA	N° LUMIN	LUMENES
1	a.- TANQUES Y EQUIPOS	12 x 24	0.469	2.90	0.469	64	0.723	214	111.133	6*	247
	b.- ENTRADA PLANTA	6 x 12	0.937	5.812	0.937	58	0.532	214	37.131	2	242
	c.- MAQUINA SECADO	7 x 12	0.648	5.31	0.648	60	0.561	214	41.080	2	219
	d.- VIRUTADOR	13 x 9	0.91	3.80	0.70	60	0.66	214	46.636	2	185
	AREA DE SUBESTACION	6 x 12	0.937	5.812	0.937	58	0.532	323	56.044	3	363
2	AREA DE OFICINA	3.95 x 3.90	0.382	4.05	0.97	I [#] (12)	0.38	538	29.080	5+	537
	LABORATORIO	3.95 x 3.90	0.382	4.05	0.97	I [#]	0.38	538	29.080	5+	537
	AREA DE OPERACION Iguales g y b	12 x 24	0.469	2.90	0.469	64	0.711	214	111.133	6	247
		6 x 12	0.937	5.812	0.937	58	0.532	214	37.131	2	242

* INDICE DE LOCAL 0.636

† LAMPARAS FLUORESCENTES

‡ POR DISTRIBUCION DE LOS TANQUES

Tabla 6 Alumbrado Externo

DESC.	ARRE.	ILUMI. zonas	F=TRL MH	% CU	(LL) (CU) Lúmenes	LF	MF	S m.	Nº lu
Areas/ Almacena.	1	P1	2.44	58					
		P2	0.20	3/61	26840	0.95	0.66	32	14
Areas	2	P1	1.42	51					
		P2	0.25	4/55	18700	0.93	0.66	57	12
		P3	0.50	4					
		P4	1.03	7/11	3740				

TOTAL= 222401úmenes eff.

Refractor	n:510
Reflector	36-130001-13
Lámparas	400W Lucalox
Distribución	Vertical media
Control vertical	semi corto
Distribución lateral	tipo III
Diagrama fotométrico	35-17448600
Características de instalación	
Altura de luminaria	7.60m del piso
Longitud del brazo	1.50m
Factor de mantenimiento	0.66

y, la fórmula de promedio de iluminación

$$(LL)(CU)(MF)(LF)/axS \quad (IV)$$

2A.- Area de Almacenamiento

Nivel de iluminación 53 L/m²

Ancho a iluminarse/lumi 20mm.

Calculando el factor TRL/MH y utilizando el diagrama fotométrico, encontramos los valores de utilización de las luminarias.

Los lúmenes efectivos sobre el área, sería

$$(LL)LCU=26840 \text{ lúmenes}$$

El flujo inicial de las lámparas es 44000 lúmenes, el factor LF=0.95

Utilizando la fórmula IV determinaremos las distancias entre luminarias, ver Tabla 6

Se instalaran 4 lámparas por poste y su arreglo dentro

del área serán alineadas y opuestas.

2B.- Áreas perimetrales.

Comprende alumbrado de calles, zonas adyacentes de edificios y zonas adyacentes al almacenamiento para efecto de guardia.

Consideraremos:

Nivel de iluminación	20 l/m ²
Altura de luminaria	6 m
Ancho de calle	10 m
Ancho de vereda	1.2 m.
Dist de poste a vereda	1.2 m
Zona posterior a luminar.	3.0 m
LF	0.926

Características de las luminarias

General Eléctric	M400A
Refractor	510
Reflector	35-13001-13
Lámparas	400W multivapor MV 400 3400 1 ini.
Luminaria	Media-semi-corta, tipo 111
Diagrama fotométrico	35-174492-00

El factor TRL/MH aplicado al diagrama fotométrico nos da los factores de utilización CU= 55% y y 11% donde:

$$(LL) (CU) = 34000 \times 55\% = 18700 \text{ L}$$

$$(LL) (CU) = 34000 \times 11\% = 3740 \text{ L}$$

C A P I T U L O I V

PROBLEMAS DEL VOLTAJE EN EL SISTEMA

PROBLEMAS DEL VOLTAJE EN EL SISTEMA

4.1 CALCULO DE LA CAIDA DE VOLTAJE: La caída de voltaje en el sistema la dividiremos en :

A.- Caída de voltaje en estado estable.

B.- Caída de voltaje en el arranque de los motores.

A.- Cálculo de caída de voltaje en estado estable.

Refirámonos al diagrama unifilar Fig 3 y calcularemos las caídas de voltaje a las barras y a los terminales de los motores, utilizando el método proporcional (14) y la fórmula

$$V_r = V_m \frac{z_1}{z_2} \quad V$$

Las cargas en KVA, factor de potencia y eficiencia la asumiremos constantes, utilizando la regulación de voltaje del generador para mantener los KVA constantes y utilizamos el método del cálculo por unidad.

A.1 Cálculo en la Barra A

Bases para Cálculo	3750 KVA _{base} 2.4 KV _{base}
Potencia de la carga	2124 KVA
Voltaje en las barras	2.3 KV

De la Tabla 7, obtenemos los valores de impedancias del sistema.

Teniendo los siguientes resultados de voltajes:

Voltaje pu. en las barras	$0.9938 \angle 0^\circ$
Voltaje en barras	$2.3850 \angle 0^\circ \text{VAC}$

A.2 Cálculo en las Barras B

Bases para el Cálculo	$500\text{KVA}_{\text{Base}} / 2.4 \text{ KV}_{\text{Base}}$
Bases para el cálculo	$500\text{KVA}_{\text{Base}} / 0.480\text{KVA}_{\text{Base}}$ 0.84 FP.
Potencia en las barras	$466\text{KVA} / 0.460\text{KVA}_{\text{Base}}$

Obteniéndolo los siguientes resultados:

Voltaje pu. en las barras	$0.9471 \angle -2.0^\circ$
Voltaje en barras	$0.4550 \angle -2.0^\circ \text{KV}$

A.3 Cálculo en las Barras C y D.

Las barras C y D, asumimos que tienen cargas iguales, teniendo:

Tabla 7 DATOS DE IMPEDANCIA DEL SISTEMA ELECTRICO.

Componentes del Sistema	Valor KVA	potencia pu.[15]	3750KVA _{base} impedancia pu.
Generador G1 2.4 KV	3750	0.095	0.095
Transformador T1 2.4/0.48 KV	500	0.050	0.375
MOTORES			
KVA 2.4KV _{base}			
M1, 2.3KV	1000	0.200	0.750
M2, 2.3KV	250	0.20	3.000
KVA en 0.48KV _{base}			
M3, 0.46KV	250	0.25	3.750
M4, 0.46KV	250	0.25	3.750
Lineas			
	impedancia(ohms)	Impedancia pu.3750 (KVA)	
2.4 KV _{base}			
L1	0.04060+j0.03500	0.0264+j0.0228	
L2	0.00554+j0.00476	0.0036+j0.0031	
L3	0.03020+j0.00453	0.0197+j0.0029	
L4	0.00406+j0.00125	0.0264+j0.0008	
0.48 KV _{base}			
L5	0.00184+j0.00146	0.00120+j0.00095	
L6	0.00184+j0.00146	0.00120+j0.00095	

Base de cálculo 250 KVA_{base}/0.480KV_{base}

En la carga 250 KVA/0.460KV.

Obtenemos los siguientes resultados:

Voltaje pu. en barras 0.9450 $\angle -2.0^\circ$

Voltaje en barras C y D 0.4540 $\angle -2.0^\circ$ KV

A.4 Voltaje en barras de los motores de Medio Voltaje

Para el Motor de 1000 HP

Bases de cálculo $1000\text{KVA}_{\text{Base}}/2.4\text{KV}_{\text{Base}}$

Con los KVA de carga constantes asumimos 2.3 KV en los terminales del motor y 0.9 de FP. atrasado obteniendo los siguiente resultados:

Voltaje pu. en la carga	$0.969 \angle -2.9^\circ$
Voltaje en la carga	$2.315 \angle -2.9^\circ \text{ K}$

Para el motor de 250 HP

Bases de cálculo $250 \text{ KVA}_{\text{Base}}/2.4 \text{ KV}_{\text{Base}}$

Con los KVA constantes de carga asumimos 3.3KV en los terminales del motor y 0.9 FP. atrasados.

Obteniéndolo los resultados siguientes:

Voltaje pu. de carga	$0.971 \angle 0.1^\circ$
Voltaje en la carga	$2.320 \angle 0.1^\circ \text{ KV}$

A.5 Voltaje en la carga de bajo voltaje;

Utilizaremos la carga del motor de mayor capacidad de las barras C, que es de 75 HP.

Bases para el Cálculo $75 \text{ KVA}_{\text{Base}}/0.480 \text{ KV}_{\text{Base}}$

Con los KVA constantes asumimos 0,45KV en los terminales del motor y 0.84 FP. atrasado.

Voltaje pu. en la carga	$0.9364 \angle 0^\circ$
Voltaje en la carga	$0.4490 \angle 0^\circ \text{ KV}$

B.- Caida de Voltaje en el arranque de los motores.

En nuestro estudio calcularemos los voltajes en:

El motor de 1000 HP.

250 HP

75 HP.

B.1 Caída de voltaje cuando arranca el motor de 1000HP.

Características:

Motor de inducción tipo jaula de ardilla,

Potencia de salida a plena carga 1000 HP con $FP=0.90$
atrazados, 2300VAC.

KVA de arranque a pleno voltaje 425%

Torque de arranque a pleno voltaje 65%

Arrancador:

Tipo Auto transformador

Toma 50%

Condiciones iniciales:

En las barras del generador 2400VAC/1000KVA

En las barras A 2385VAC

No hay cargas en la acometida. (Barras A)

Requerimiento:

El Torque del motor no debe ser menor del 14%

Método de cálculo (16)

Utilizaremos el método por unidad.

Conocemos: 1275KVA requiere el motor en su arranque por auto transformador, y las bases son:

1275KVA_{base}

2.3KV_{base}

Encontramos: 1386KVA es la carga aplicada a la acometida a voltaje inicial y representa el 36.7% de los KVA del generador (Ver conclusiones y recomendaciones).

2220VAC, es el mínimo Voltaje del generador para el 36.7% de su capacidad.

2182VAC, es el voltaje mínimo en el arrancador del motor.

2359VAC, es el voltaje restaurado en el arrancador del motor

el 17%, en el torque de arranque en la toma del 50%.

B.2 Caida de Voltaje cuando arranca el motor de 250HP.

Características:

Motor de inducción tipo jaula de ardilla.

Potencia de salida a plena carga 250KVA, FP=0.90
atrazado

2300 voltios.

KVA arranque a pleno voltaje 654%

Torque de arranque a pleno voltaje 70%

Arrancador:

Tipo auto transformador

Toma 65%

Condiciones iniciales:

Voltaje en las barras del generador 2400V.
 Voltaje en las barras A 2350V.
 Carga inicial en las barras del generador 2000KVA.
 Carga inicial en las barras A 1000KVA.

Requerimiento.

El torque de arranque del motor no debe ser menor del 25%

Método de cálculo.

Conocemos: 752KVA requiere el motor en su arranque por auto transformador.

tomemos como base $KVA_{Base} = 752KVA$

$$KV_{Base} = 2.3KV.$$

Conociendo las impedancias encontramos:

816KVA es la carga requerida por el motor en su arranque y representa el 21.76% de los KVA del generador.

2230 Vol, es voltaje mínimo del generador para una carga del 53.3% de su capacidad en KVA,

2175 Vol, es el voltaje mínimo en el arrancador del motor

2340 Vol, es el voltaje restaurado en el arrancador del motor

30.5% es el torque de arranque con la toma del 65% del arrancador.

B.3 Caida de voltaje cuando arranca el motor de 75HP.

Características:

Motor de inducción tipo jaula de ardilla.

Potencia de salida a plena carga 75KVA, FP 0.84
atrazado

Voltaje 460VAC

KVA de arranque a pleno voltaje 467%

Torque de arranque a pleno voltaje 140%

Arrancador

Tipo Estrella-Triángulo

Condiciones Iniciales

En las barras del generador 2400VAC y 2250KVA

En las barras A 2340VAC y 1250KVA

En las barras C 454VAC no hay carga.

Requerimientos.

El torque del motor no debe ser menor del 14%

Método de Cálculo

Conocemos:

116KVA requiere el motor en su arranque

Tomamos como KVA_{Base} 116

KV_{Base} 0.46

Conociendo las impedancias encontramos:

120KVA es la carga requerida por un motor en su arranque y representa el 3.2% de los KVA del

Generador.

2350VAC es el voltaje requerido mínimo del generador.

444VAC es el voltaje restaurado en el arrancador del motor.

453VAC es el voltaje restaurado en el arrancador del motor.

15% es el torque de arranque.

4.2 EQUIPOS A TIERRA.

Generalidades.- La energía eléctrica de Fábrica de Papel "La Reforma" está dada por el generador de 3750KVA, 2400VAC, conectado en triángulo, que hace que todo el sistema conectado a él sea no puesto a tierra.

Para nuestro sistema de medio voltaje, la protección de falla a tierra la proveeremos con la instalación de un transformador de puesta a tierra (17) tipo Zig-Zag, con una baja resistencia conectada a su neutro puesto a tierra.

Este transformador irá conectado al barraje A de la planta de Pulpa como lo demuestra el diagrama de la Fig 2.

La reactancia del transformador de puesta a tierra es 1.4497 Ohm.

La resistencia a tierra 2.31 ohm.

Que determina:

a.- Limitar la corriente de falla a tierra al 25% de

la corriente de fallo trifásico.

b.- Limitar los sobrevoltajes transientes, y

c.- Alargar la vida del aislamiento de los motores y del generador, evitando, la producción de debilitamiento en él, especialmente, en la entrada y dentro de las ranuras del estator.

d.- Reduce los choques eléctricos que puede exponer al personal en general.

En Voltajes 600VAC menores, el transformador T1, tendrá su neutro solidamente a tierra.

Los equipos de puesta a tierra tienen las siguientes características:

1.- Resistor de Tierra, de acero resistente a la corrosión, para conectarse en el neutro de un circuito trifásico, 60 ciclos 2400VAC y 1390VAC, de voltaje aplicado, para 600A. de corriente inicial, el resistor opera en tensión no disruptiva por 10seg. sin excederse de la temperatura de 932°F.

2.- Transformador de tierra, 3 Fases, sumergido en aceite, autoventilado tipo Zig-Zag para ser instalado en circuito trifásico, 60 ciclos, 2400VAC, la reactancia del transformador es de 1.45 ohm. por fase, entre línea y el punto neutro, transportando por fase

200A. y 600A. a través del neutro en un periodo de 10 seg. sin excederse de 257°F de Temperatura.

CAPITULO V

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

En el estudio y cálculo de cortocircuitos del sistema eléctrico de la Planta de Pulpa consideraremos:

A.- Fallos de cortocircuito simétricos, y

B.- Fallos de cortocircuito asimétricos.

A.- Fallos de cortocircuitos simétricos:

Conociendo que el sistema eléctrico diseñado es balanceado en todas sus fases, consideraremos los fallos trifásicos exclusivamente.

En el diagrama unifilar Fig 4, establecemos 3 puntos de falla.

- 1.- Falla F1 en las barras A.
- 2.- Falla F2 en las barras B, y
- 3.- Falla F3 en las barras C.

De la Tabla 7 obtenemos las impedancias del sistema, calculando los fallos trifásicos encontramos:

Del diagrama de impedancia Fig 5, observamos las reactancias de las partes del sistema y considerando los puntos de falla, obtenemos los resultados que tabulamos en la Tabla 8.

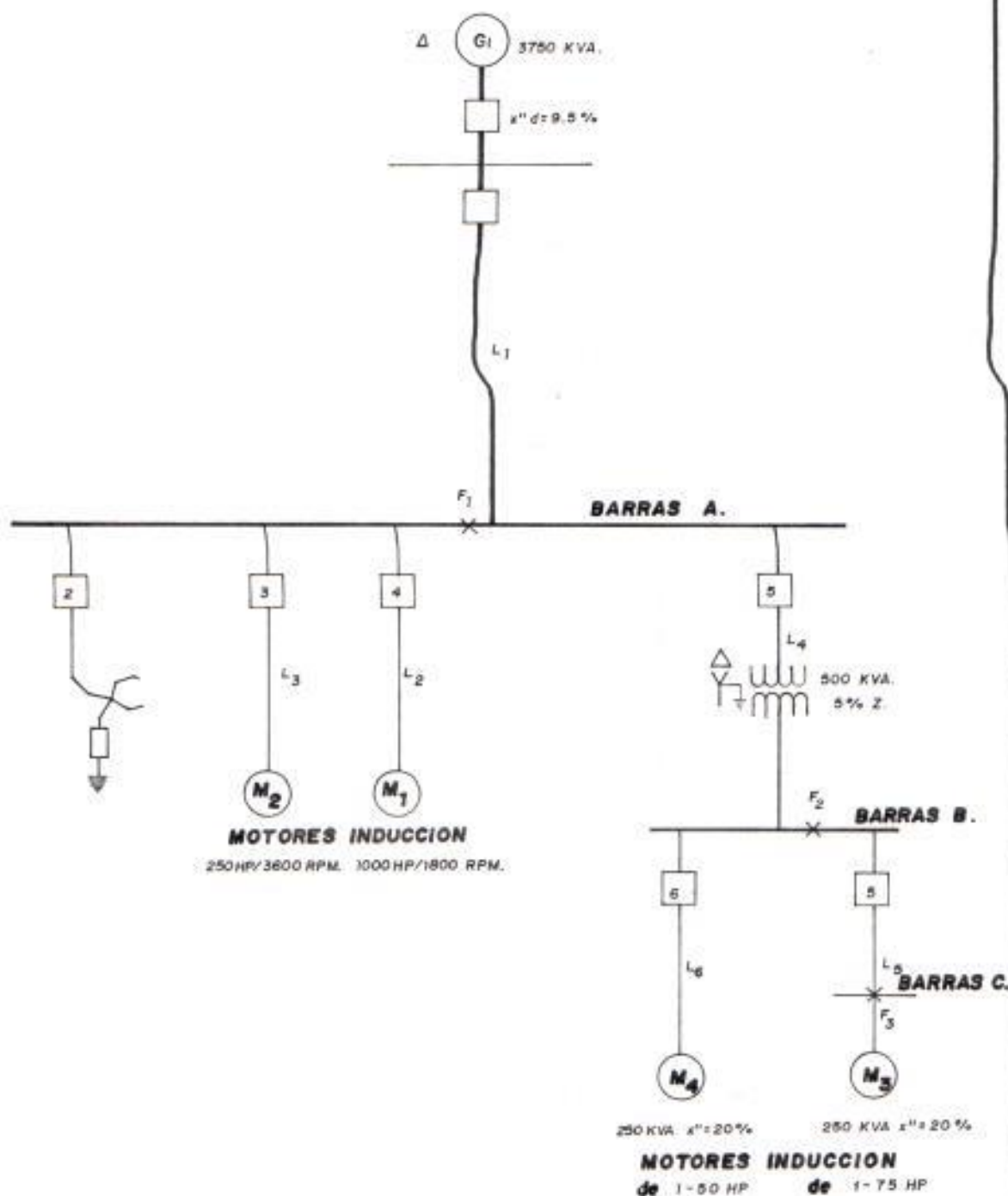


DIAGRAMA UNIFILAR QUE MUESTRAN LOS FALLOS.

FIG. N° 4.

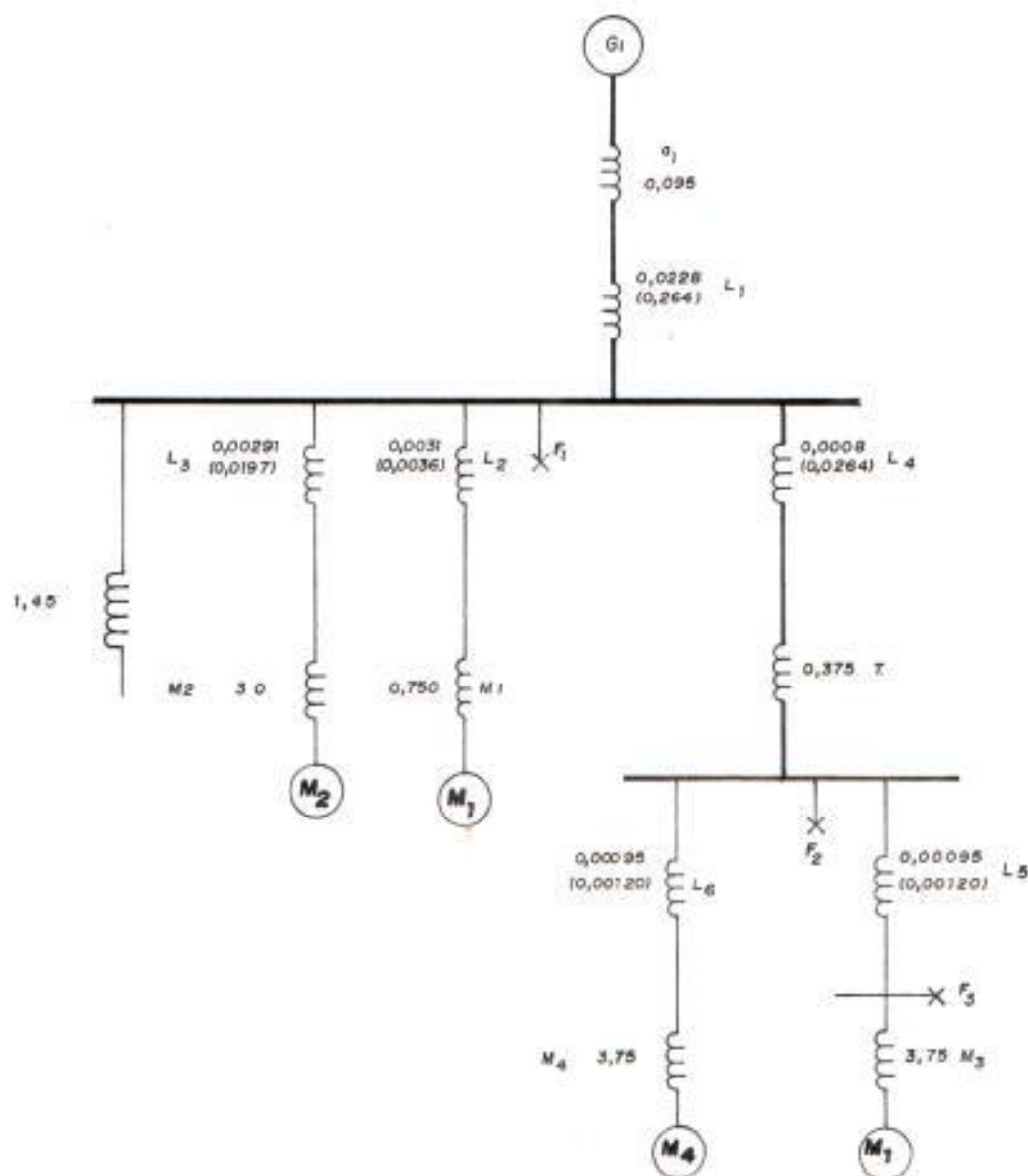


DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS

FIG. Nº 5

Puntos de Falla	React X	I_{sc} en °F	I_{sc} de G1/T1	KVA SYM en °F	KVA SYM de G1/T1
F1 en 2.4 KV	0.0944	9568	7670	39730	31834
F2 en 0.48KV	0.3790	11920	9520	9900	31834
F3 en 0.48KV	0.3790	11920	9520	9900	31834

Tabla B Reactancia X y Resultados Simétricos de amperaje y Potencia en los diferentes puntos.

B.- Fallos de cortocircuitos Simétricos.

Para el análisis de los fallos asimétricos, utilizaremos el sistema de componentes simétricos.

Del diagrama de impedancias Fig 5, tomamos los 3 puntos indicados, para fallas de una fase a tierra, adicionaremos el fallo F4 localizado en la caja de terminales del motor de 1000 HP, y calcularemos:

- a.- Corriente de falla en la fase A.
- b.- KVA en el fallo.

Asunciones:

Las corrientes de falla son calculadas usando las reactancias subtransitorias, 3750KVA_{base}.

El voltaje de secuencia positiva antes del fallo es 1.0 pu.

Los motores en las barras tienen un FP= 0.84 y 0,88 de eficiencia.

De la Tabla 9, obtenemos las impedancias pu. para realizar los cálculos correspondientes. Resultados tabulados en la Tabla 10.

Punto de Falla	React total X pu.	A. total I_{FL-T}	KVA ASYM
F1	1.1289	2399	3322
F2-F3	0.6470	6976	5793
F4	1.055	2568	3555

Tabla 10 Reactancia Zt, Amperaje y KVA asimétricos.

De lo que concluimos que el cortocircuito severo se presenta en el fallo F1 en las barras A.

Equipos de Protección contra cortocircuito:

En el Capítulo 3, indicamos los equipos escogidos para éste efecto, los mismos que paso a justificar.

ACB-1 Debe soportar una corriente simétrica I_m 9568A, utilizando los factores multiplicadores para encontrar los valores RMS (18) para la interrupción en 5 ciclos, el factor es 1.1

$$I_r = 1.1 \times 9568 = 10525 \text{ Amp.}$$

Para la corriente momentánea de corto-circuito, el factor es 1.6

$$I_A = 15309 \text{ Amp.}$$

J1-1 En el primario del Transformador, debe soportar una

TABLA N° 9

DATOS DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIAS POSITIVAS -
NEGATIVAS - ZERO

COMPONENTES DEL SISTEMA		POTENCI.	REACTANCIA pu					3750 KVA base imp. pu				
		KVA	X _d	X' _d	X'' _d	X-2	X _o	X _d	X' _d	X'' _d	X-2	X _o
GENERADOR G ₁ 2.4 Kv.		3.750	1.20	0.15	0.095	X'' _d	0.03	1.20	0.15	0.095	X'' _d	0.03
TRANSFORMADOR T ₁ 2.4 / .48 Kv AA		500			0.05	X'' _d	X'' _d			0.375	X'' _d	X'' _d
MOTORES	KVA y 2.4 Kv. base M ₁ 2.3 Kv.	1000	1.25	0.30	0.20	X'' _d	0.18	4.3	1.026	0.750	X'' _d	0.616
	M ₂ 2.3 Kv.	250	1.25	0.30	0.20	X'' _d	0.18	17.22	4.14	3.00	X'' _d	2.48
	KVA en 0.48 Kv. base M ₃ 0.46 Kv.	250			0.25	X'' _d	X ₁			3.75	X'' _d	
	M ₄ 0.46 Kv.	250			0.25	X _d	X			3.75	X'' _d	
LINEAS		IMPEDANCIAS ohm [#]					IMPEDANCIAS pu (3750 KVA)					
BASE 2.4 Kv.		SECUENCIA POSITIVA-NEGA.		SECUENCIA ZERO			SECUENCIA POSITIVA-NEGAT.		SECUENCIA ZERO			
L ₁		ver tabla 4-1		0.13086 + j 1.018			ver tabla 4-1		0.0852 + j 0.663			
L ₂				0.03414 + j 0.29376					0.222 + j 0.191			
L ₃				0.0502 + j 0.21053					0.327 + j 0.137			
L ₄				0.0189 + j 0.0757					0.0123 + j 0.0453			
0.48 Kv. base												
L ₅				0.0554 + j 0.539					0.399 + j 3.77			
L ₆				0.0554 + j 0.539					0.399 + j 3.77			

corriente simétrica I_{a} 9568 A.

I_{a} 15309 Amp.

Potencia de Interrupción= 39730 KVA

Si la falla es en F2

I_{I} 2348 Amp.

I_{a} 3814 Amp.

Potencia de interrupción en los fusibles 13635 KVA.

A2-1 Si la falla ocurre en la salida del arrancador

Corriente de Interrupción simétricas

I_{I} 9568 Amp.

Corriente momentánea de cortocircuito es

I_{a} 15309 Amp.

Potencia de Interrupción

39730 KVA

C-B Si la falla ocurre en las barras C indicada como F3,

tenemos:

Corriente simétrica

I_{a} 5956 Amp.

Corriente momentánea y de interrupción

I_{a} e I_{I} 7445 Amp.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De lo expuesto en los capítulos anteriores, llegué a las siguientes conclusiones:

- 1.- La necesidad de instalar un neutro puesto a tierra en el sistema flotante existente, y
- 2.- La necesidad de disponer de mayor cantidad de generación de KVA.

Por lo que recomiendo:

- 3.- La instalación de un transformador, cuyo neutro debe ser aterrizado a través de una resistencia de bajo ohmeaje, que limitará los sobrevoltajes transientes que se producen en el sistema y las corrientes de cortocircuitos asimétricos, y
- 4.- La necesidad de la adquisición e instalación del Generador Diesel de 2500 KVA 2400VAC 3 fases 60 Hz PF 0.80, lo que permitirá tener suficientes KVA de generación disponible, en las operaciones de arranque del mayor de los motores instalados en el sistema.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Sr: Larry Hixón, Gerente del depart. Ing de S.P fabricantes de equipos para pulpa y papel.
- (2) Industrial Power System date bood, Load estimating date, pag 2 sec 0.62, en /51.
- (3) "Electrical Transmission and Distribution" de Westinghouse Tabla 5 pag. 108
- (4) "Selection Motor and Application" de LIBBY, pag 197. tabla 5-3 y pgs. 208-209 Tabla 5-5.
- (5) "Selection Motor and Application" de LIBBY, pags 383-384-385. Cap. 8 tablas 8-4,8-5,8-6.
- (6) "S.M.A" de LIBBY pag 374, tabla 8-2.
- (7) Código Eléctrico Nacional (NEC)
- (8) Catálogo 1152 Allen-Bradley, publicación 6080, Febrero/67.
- (9) Electric Equipmet Especificier's guide, GE, publication EESG I-E-2 pag 4 Junio/87.
- (10) Catálogo Allen Bradley 797 y 713.
- (11) "American Electrician's Hand Book de Croft, Carr y Watt sec. 10 pags 123-126. tablas A,B,C.
- (12) Manual de alumbrado de Westinghouse Cap. 6 pags 3 y 20.
- (13) Outdoor Lighting Photometric data, GET 3100E pags 12,22.
- (14) IPS Artículo 211 "Calculation of Voltage Drop" pag-1
- (15) IPS Artículo 123 "Reactance and Resistence data for